Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 2, 2024, p. 117-127

Factors Affecting the Resistance of Trees Against *Microcerotermes diversus* Silvestri Termite Damage

L. Poursartip[1*], K. Saadat Vafa[2]

1 and 2- Assistant Professor and Former M.Sc Student, Department of Cellulose Industry Engineering, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: poursartip@bktu.ac.ir)

Received: 24-01-2024 Revised: 06-04-2024 Accepted: 01-05-2024 Available Online: 21-07-2024	**How to cite this article:** Poursartip, L., & Saadat Vafa, K. (2024). Factors affecting the resistance of trees against *Microcerotermes diversus* Silvestri termite damage. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(2), 117-127. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86542.1176

Introduction

As a very important and widely used construction material, wood is easily decomposed by biological agents such as bacteria, fungi and termites. However, some wood species are more resistant to these destructive factors, while others are very susceptible to destruction. The aim of this study was to investigate the effective factors on the resistance of the wood of four species of poplar, maple, chinaberry and Cypress against the attacks of the subterranean termite *Microcerotermes diversus* Silvestri. Since the tropical provinces of Iran, including Khuzestan, are among the regions where different species of termites are considered as the main factors in the destruction of lignocellulosic materials, therefore, knowing resistant woods, which in their natural and untreated state can have high durability compared to the attacks of this insect can help to choose better wood for making wooden products and structures.

Materials and Methods

To check the natural durability of the four mentioned species, first, wooden samples were selected and cut from healthy trunks without visible defects. Then, with the aim of collecting termites to conduct selective and non-selective feeding tests, an abandoned palm grove was considered in Dodangeh village, located 20 km from Behbahan city, and then beech wood with dimensions of 2.5 x 4 x 20 cm were planted in the soil as bait for two weeks. After this period of time, the bait sticks were removed from the soil and transferred to the laboratory. Then, the cut wood was subjected to *M. diversus* termite infestation according to AWPA-EI:06 2008 standard obtained from baits. After the desired period of time, the chemical and physical properties of wood such as the percentage of extractive materials, specific gravity, lignin and cellulose content of each species were calculated according to the standard.

Results and Discussion

The results showed that the percentage of extractive substances in maple species has a significant difference compared to other species and is lower than other species, while the highest amount of extractive substances is related to Cypress. Among the investigated species, cypress exhibited the highest lignin content, while poplar displayed the lowest. Notably, both cypress and poplar significantly differed in lignin content compared to the other

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86542.1176

two species. Cellulose analysis revealed a significantly higher percentage in spruce compared to all other species ($p < 0.05$). Conversely, no significant differences in cellulose content were observed between the remaining three species. The lowest amount of specific mass belongs to spruce and the highest It belongs to the maple species. This difference is significant at the 95% level. The results of selective, non-selective and field tests of termite feeding on wooden samples are shown in figure number five. The results show that Cypress and chinaberry samples showed the lowest percentage of weight loss and poplar and maple samples showed the highest weight loss.

Conclusion

What increases the natural durability of wood species against termite attacks and other destructive factors are wood anatomy, wood density, lignin and cellulose content, moisture content, and the composition of extractive materials in the wood. Examining the extractives of the researched species, it can be seen that maple has the lowest percentage of extractives and Cypress has the highest amount, and this problem can have a serious effect on the intensity of termite attacks. Extractive substances play a critical role in enhancing wood's natural resistance to destructive agents, particularly insects. Their significance is evident in certain durable wood species. Removing these extractives renders the wood susceptible to decay. Furthermore, the weight loss observed in both selective and non-selective decay tests, along with field trials, demonstrates a clear correlation with the content of lignin and cellulose in the wood. By increasing the percentage of lignin, the desirability of wood for termites decreases, and on the other hand, with the addition of cellulose percentage, the desirability of the species for termites increases. Lignin is a polymer that, as the second component of wood after cellulose, plays an important role in wood, and due to its phenolic groups, it is considered a toxic substance for destructive agents and has repellent properties. When lignin coats the cell wall, it forms a more impermeable matrix, making the cellulose less accessible and making the wood more resistant to biodegradation. In this research, the highest amount of lignin belongs to Cypress and the lowest amount belongs to poplar, and a significant difference between the amount of lignin in these two species is observed. Physical characteristics such as specific mass is also considered as determining factors of durability against termite attacks, and species with lower and lighter specific mass are more likely to be attacked by termites. According to the obtained results, poplar is different from other species in terms of specific gravity and is considered a lighter species, and this issue, along with the high percentage of cellulose, which is the material preferred by termites, can increase the vulnerability of this species. Based on the obtained results, the effect of factors such as chemical composition and physical characteristics of the studied species on the intensity of subterranean termite attacks *M. diversus* and according to the mentioned parameters, Cypress species was the most resistant and poplar was the weakest species to the attack of this termite species.

Keywords: Biological degradation, Cellulose, Density, Lignin

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، ص. ۱۲۷-۱۱۷

عوامل مؤثر بر میزان مقاومت چوب‌های درختان در برابر خسارت موریانه *Microcerotermes diversus* Silvestri

لادن پورسرتیپ[۱*]- کوروش سعادت وفا[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۱۲

چکیده

هدف از انجام این مطالعه بررسی عوامل مؤثر بر مقاومت چوب چهار گونه صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز در برابر حملات موریانه زیرزمینی *Microcerotermes diversus* Silvestri بود. بدین منظور ابتدا نمونه‌های چوبی از تنه‌های سالم و بدون عیوب ظاهری انتخاب و برش داده شدند و مطابق استاندارد AWPA-EI:06 2008، طی آزمون‌های تغذیه‌ای انتخابی و غیرانتخابی و میدانی، در معرض هجوم موریانه *M. diversus* گرفتند. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی چوب مانند درصد مواد استخراجی، دانسیته، میزان لیگنین و سلولز هر کدام از گونه‌ها طبق استاندارد محاسبه شد. از چهار گونه چوبی مذکور، بالاترین درصد مواد استخراجی و لیگنین متعلق به چوب سرو شیراز و بالاترین درصد سلولز و کمترین میزان دانسیته و لیگنین متعلق به چوب صنوبر بود. نتایج انجام آزمون‌های تغذیه‌ای انتخابی، غیر انتخابی و صحرایی نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن پس از حمله موریانه متعلق به گونه صنوبر و کمترین آن متعلق به گونه سرو شیراز است. نتایج همبستگی بین درصد کاهش وزن در اثر تغذیه موریانه و فاکتورهای شیمیایی و فیزیکی چوب در هر سه آزمون تغذیه‌ای نشان داد که بیشترین ارتباط بین درصد لیگنین و مواد استخراجی گونه‌ها با پتانسیل آنها جهت مطلوبیت آنها برای موریانه وجود دارد. این ارتباط در سطح ۹۹ درصد معنادار بود. طبق نتایج بدست آمده می‌توان گفت چوب‌های مختلف به‌دلیل داشتن ترکیبات متفاوت، مطلوبیت مختلفی را به‌عنوان غذا برای موریانه دارند. بالاتر بودن میزان سلولز و کم بودن میزان لیگنین، مواد استخراجی و همچنین دانسیته از عوامل مهم اثرگذار بر میزان تمایل موریانه برای مصرف چوب به شمار می‌روند.

واژه‌های کلیدی: تخریب بیولوژیک، دانسیته، سلولز، لیگنین

مقدمه

چوب به‌عنوان یک ماده ساختمانی بسیار مهم و پرکاربرد، به آسانی توسط عوامل مخرب بیولوژیکی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و موریانه‌ها تجزیه می‌شود با این حال، برخی از گونه‌های چوبی در برابر این عوامل مخرب مقاوم‌تر هستند در حالی‌که برخی دیگر بسیار مستعد تخریب می‌باشند. با توجه به نقش مهم این ماده در زندگی روزمره، استفاده از چوب‌های کم‌دوام تیمار نشده که به راحتی مورد هجوم آفات گوناگون قرار گرفته و تخریب می‌شوند هزینه‌های زیادی را به دنبال دارد، لذا شناسایی و استفاده از گونه‌های با دوام طبیعی بالا می‌تواند در طولانی مدت از نظر اقتصادی به‌صرفه باشد. عوامل مخربی مانند حشرات چوبخوار و قارچ‌های عامل پوسیدگی، از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تخریب و کاهش کیفیت چوب به‌شمار می‌روند و در بین حشرات چوبخوار، موریانه‌ها مهمترین نقش را دارند (Owoyemi *et al.*, 2013). تحقیقات زیادی روی انواع مختلفی از موریانه‌ها صورت گرفته است و نتیجه این تحقیقات نشان می‌دهد موریانه‌ها عمدتاً در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری زندگی می‌کنند. این حشرات عمدتاً از بسترهای لیگنوسلولزی گیاهان تغذیه می‌

---

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه مهندسی صنایع سلولزی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء (ص) بهبهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: lpoursartip@yahoo.com)
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86542.1176

کنند و در میان خدمات اکوسیستمی که ارائه می‌کنند، نقش قاطع آنها در چرخه مواد مغذی و تشکیل خاک در جنگل بسیار پررنگ است (Wu *et al.*, 2021). حبیب پور (Habibpour, 1994) طی مطالعه ای، گونه‌های مختلف موریانه را در استان خوزستان شناسایی و اعلام کرد که در بین انواع آنها گونه *Microcerotermes diversus* در تمام شهرهای استان انتشار دارد و از آنجایی‌که این گونه به گیاهان چوبی سرپا و چوب آلات موجود در منازل حمله می‌کند، از گونه‌های بسیار مهاجم به شمار‌می‌رود چرا که دامنه تهاجمی وسیعی دارد. با توجه به اینکه مواد لیگنوسلولزی به راحتی توسط موریانه‌ها مورد حمله قرار می‌گیرند و موجب خسارت‌های فراوانی می‌شوند، بنابراین در مناطق موریانه خیز جنوب کشور، شناسایی گونه‌های چوبی مقاوم در برابر موریانه‌ها اهمیت زیادی دارد. منبع اصلی تغذیه موریانه‌ها سلولز است و با توجه به استفاده گسترده از مواد لیگنوسلولزی مانند چوب، کاغذ و سایر فرآورده‌های مشابه در زندگی روزمره، خطر هجوم این حشرات همواره وجود دارد. عواملی مانند ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی ماده لیگنوسلولزی مانند میزان مواد استخراجی موجود در چوب، دانسیته بالای چوب و نیز بالا بودن محتوای لیگنین می‌توانند آنرا نسبت به حملات عوامل مخرب مختلف مانند موریانه‌ها و در نتیجه تخریب بیولوژیکی مقاوم‌تر کنند (Owoyemi *et al.*, 2013). مواد استخراجی اجزای غیرساختمانی چوب به شمار می‌آیند و در برخی گونه‌ها با افزایش سن درخت و تشکیل چوب درون، تولید آنها در سلول‌های پارانشیم افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ای که درباره اثر موریانه *Reticulitermes speratus* روی چوب درون درخت ساج (*Tectona grandis*) انجام شد اثر مواد استخراجی بازدارنده در تغذیه به وضوح نشان داده شد (Ismayati *et al.*, 2016).

نتایج تحقیقات گوناگون نشان می‌دهد که علاوه بر مواد استخراجی، لیگنین یکی دیگر از ترکیبات چوب به‌عنوان عامل بازدارنده در حمله عوامل مخرب بیولوژیک می‌باشد. نتایج مطالعه (Rowell *et al.*, 2010) نشان داد که الوارهایی با میزان لیگنین کمتر از ۲۳ درصد نسبت به حملات موریانه آسیب‌پذیرتر هستند. در تحقیقی که به بررسی ارتباط بین تخریب توسط موریانه و ویژگی‌های چوب انجام شد، مشخص شد که درصد کاهش وزن بیشترین ارتباط را با درصد لیگنین موجود در چوب دارد و وجود مقادیر بالاتر لیگنین تمایل موریانه را به مصرف چوب کاهش می‌دهد (Soleyman Nezhadian, 1991).

علاوه بر ترکیبات شیمیایی چوب، ویژگی‌های فیزیکی آن نیز در تعیین میزان تخریب آن توسط عوامل مخرب مؤثرند. در تحقیقی که توسط (Owoyemi *et al.*, 2013) روی ۱۰ گونه آفریقایی در نیجریه انجام شد مشخص شد که گونه‌هایی با دانسیته کمتر و سبک‌تر بیشتر مورد هجوم موریانه‌ها قرار می‌گیرند. بنابراین می‌توان گفت عوامل مختلفی زمینه‌ساز حفاظت طبیعی چوب در برابر حملات عوامل مخربی همچون موریانه‌ها هستند.

هدف این تحقیق بررسی عوامل مؤثر بر میزان تمایل موریانه *M. diversus* به مصرف چوب‌های صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز با انجام آزمون‌های تغذیه‌ای انتخابی و غیرانتخابی و میدانی و شناسایی مقاوم‌ترین چوب بین این چهار گونه، نسبت به تخریب موریانه بود. علت انتخاب این گونه‌ها مقایسه عوامل مؤثر بر دوام گونه‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ نسبت به حمله موریانه در شرایط آزمایشگاهی یکسان می‌باشد. هر کدام از گونه‌های مذکور دارای ویژگی‌هایی هستند که مطالعه میزان مقاومت آنها نسبت به حملات موریانه و مقایسه آنها با هم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. صنوبر و افرا به‌عنوان گونه‌های مهم صنعتی کشور ایران و زیتون تلخ به‌عنوان چوبی که از دیرباز به‌عنوان یک چوب مقاوم نسبت به هجوم حشراتی مانند موریانه شهرت داشته است و همچنین سرو که به‌دلیل کیفیت بالای چوب و نیز تحمل شرایط اقلیمی سخت و نامساعد، گونه‌ای قابل توجه به‌ویژه در ساخت سقف و ستون منازل روستایی می‌باشد، گزینه‌های مناسبی برای مطالعات حفاظتی به شمار می‌روند. از سوی دیگر این مطالعه بخشی از تحقیق جامعی است که در آن به مطالعه ویژگی‌های مختلف تعدادی از چوب‌های صنعتی و کاغذهای ساخته شده از آنها می‌پرداخت و مطالعه ارزیابی دوام گونه‌های مذکور در برابر حملات موریانه، برای تکمیل اطلاعات، در کنار سایر مطالعات ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

در راستای طرح بررسی ویژگی‌های گوناگون فیزیکی، شیمیایی و همچنین دوام طبیعی تعدادی از گونه‌های چوبی که در صنایع لیگنوسلولزی کاربرد دارند، دو اصله درخت سالم و بدون عیوب ظاهری و آثار صدمات مکانیکی و خسارت حشرات به‌طور تصادفی از سه گونه پهن‌برگ صنوبر (*Populus alba*)، افرا (*Acer velutinum*) و زیتون تلخ (*Melia azedarach*) و یک گونه سوزنی‌برگ سرو شیراز (*Cupressus sempervirens* var. stricta) انتخاب و قطع شدند. هر کدام از گونه‌های مذکور دارای ویژگی‌هایی هستند که مطالعه میزان مقاومت آنها نسبت به حملات موریانه و مقایسه آنها با هم می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. برای جمع‌آوری موریانه‌ها، طعمه هایی از چوب راش با ابعاد ۲۰×۴×۲/۵ به‌مدت دو ماه درون خاک یک نخلستان متروکه در ۲۰ کیلومتری شهرستان بهبهان به مشخصات "۵۹ '۵۶ °۳۰ شمالی و"۲۰ '۲۱ °۵۰ شرقی کاشته شدند. پس از طی این مدت زمان و خروج چوب‌های طعمه از خاک، موریانه‌های بدست آمده درون پتری‌دیش‌های پوشانده شده با کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند. سپس به‌منظور رفع تنش از موریانه‌ها، این ظروف در انکوباتور تاریک در دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵±۷۸ درصد

نگهداری شدند.

اندازه‌گیری دانسیته و ترکیبات شیمیایی چوب

میزان دانسیته و ترکیبات شیمیایی دیواره سلولی شامل سلولز، لیگنین و مواد استخراجی در هر گونه به‌منظور بررسی ارتباط آنها با میزان مطلوبیت چوب برای موریانه، به‌صورت جداگانه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری مقدار سلولز و میزان لیگنین به‌ترتیب طبق استاندارد T 264cm-88 آیین‌نامه TAPPI و استاندارد T 222cm-88 آیین‌نامه TAPPI انجام گرفت. اندازه‌گیری درصد مواد استخراجی محلول در الکل– استن نیز مطابق با استاندارد شماره T 204om-88 آیین‌نامه TAPPI انجام گردید (TAPPI, 2003).

برای اندازه‌گیری دانسیته خشک از استاندارد ISO-3131 استفاده شد و نمونه‌ها مطابق دستورالعمل آماده‌سازی و ارزیابی شدند. در این تحقیق جهت بررسی مطلوبیت چوب‌ها برای موریانه از دو روش آزمونی انتخابی و غیرانتخابی در محیط آزمایشگاه و آزمون صحرایی در عرصه استفاده شد.

آزمون انتخابی و غیر انتخابی تغذیه موریانه

این دو آزمون در شرایط آزمایشگاهی و کاملا کنترل شده طبق استاندارد AWPA-EI:06 2008 انجام شد. بدین منظور برای آزمون انتخابی، نمونه‌های ۵×۲۵×۲۵ میلی‌متر تهیه و قبل از انجام آزمون وزن خشک نمونه‌ها پس از قرار دادن آنها داخل آون ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت، اندازه‌گیری شد.

سپس نمونه‌های تهیه شده در شش تکرار از هر چهار گونه در فواصل مساوی و اطراف مرکز یک ظرف دربدار پلاستیکی به قطر ۲۰ سانتی‌متر، بر روی یک بستر مرطوب حاوی یک لایه شن و خاک ورمیکولیت به نسبت دو به یک و به میزان ۲۰۰ گرم درون قرار داده شدند. برای شروع آزمایش بستر با ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر مرطوب و برای هر واحد آزمایشی تعداد ۴۰۰ عدد موریانه کارگر فعال و سالم درون لوله استوانه‌ای به قطر ۵ سانتی‌متر رها شد. واحدهای آزمایشی به‌مدت ۲۱ روز در درون یک انکوباتور آزمایشگاهی در دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۸ درصد و در شرایط کاملاً تاریک نگهداری شدند. در پایان آزمایش، نمونه‌ها از خاک خارج و پس از تمیز کردن با قلم مو در آون ±۱۰۳ درجه سلسیوس به‌مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و وزن خشک آنها محاسبه گردید. برای انجام آزمایش‌های غیرانتخابی، نمونه‌های آزمونی از گونه‌های مذکور با ابعاد مشابه آنچه در آزمون انتخابی توضیح داده شد در شش تکرار تهیه و هر یک از نمونه‌ها به تنهایی بر روی بستر مرطوب متشکل از شن و خاک ورمیکولیت به نسبت دو به یک قرار داده شدند. به هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰۰ موریانه کارگر فعال و سالم سن آخر اضافه و در شرایط دمای ۲±۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۸ درصد به مدت ۲۱ روز نگهداری شدند. مراحل خشک کردن توزین و محاسبه کاهش وزن مطابق آزمون انتخابی انجام شد (Ekhtelat, 2009).

$$WL=(wp-wa)/wp\times100$$

WL: درصد کاهش وزن، wp: وزن نمونه پس از خشک شدن در آون قبل از آزمون (بر حسب گرم)، wa: وزن نمونه بعد خشک شدن در آون پس از آزمون (بر حسب گرم)

آزمون صحرایی

برای بررسی اثر حملات موریانه‌ها در شرایط طبیعی محیط و به دور از شرایط کنترل شده آزمایشگاهی، آزمون صحرایی انجام شد. آزمون‌های صحرایی به مطالعات آزمایشگاهی ترجیح داده می‌شوند، زیرا اجازه می‌دهند تا اثرات تجمعی انواع عوامل زوال غیرزیستی و زیستی مورد ارزیابی قرار گیرند (Peralta *et al.*, 2003). آزمون‌های صحرایی همچنین داده‌های قابل اعتمادی را در مورد مقاومت طبیعی چوب ارائه می‌دهند. بدین منظور نمونه‌هایی به ابعاد ۲۰×۲۰×۲۵ سانتی‌متر در شش تکرار تهیه و پس از تعیین وزن خشک، به‌مدت یک ماه به‌طور تصادفی در زمین نخلستان متروکه آلوده به موریانه که در طی مطالعات اولیه قبلاً شناسایی شده بود کاشته شدند و پس از سپری شدن این مدت زمان نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و پس از به دست آوردن وزن خشک آنها درصد کاهش وزن برای تک تک قطعات آزمایشی براساس استاندارد ASTM (2003) D1413 تعیین شد. تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده با استفاده از آزمون آنالیز واریانس در قالب طرح کاملا تصادفی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. گروه‌بندی میانگین مقادیر آزمایش شده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (DMRT) برای ارزیابی تفاوت‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

درصد مواد استخراجی نمونه‌های چوبی

شکل ۱ میانگین درصد مواد استخراجی محلول در الکل– استن چهار گونه افرا، صنوبر، زیتون تلخ و سرو شیراز را مشخص می‌کند. نتایج نشان داد که درصد مواد استخراجی در گونه افرا نسبت به سایر گونه‌ها اختلاف معنادار دارد و کمتر از سایر گونه‌هاست در حالی‌که بالاترین میزان ماده استخراجی مربوط به سرو شیراز است ($P<0.05$).

درصد لیگنین نمونه‌های چوبی

شکل ۲ مقدار درصد لیگنین در هرگونه را مشخص می‌کند. با توجه به شکل مشخص است که بیشترین میزان لیگنین مربوط به

گونه سرو شیراز است و کمترین میزان لیگنین مربوط به گونه صنوبر. هر دو گونه از نظر محتوای لیگنین با دو گونه دیگر اختلاف معنادار دارند، (P<0.05).

درصد سلولز نمونه‌های چوبی

در شکل ۳ میانگین درصد سلولز چهار گونه افرا، صنوبر، زیتون تلخ و سرو شیراز را می‌توان دید. نتایج نشان می‌دهد که صنوبر از لحاظ درصد بالاتر سلولز با سایر گونه‌ها در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنادار دارد، درحالی‌که بین سایر گونه‌ها اختلاف معناداری مشاهده نمی‌شود، (P<0.05).

دانسیته نمونه‌های چوبی

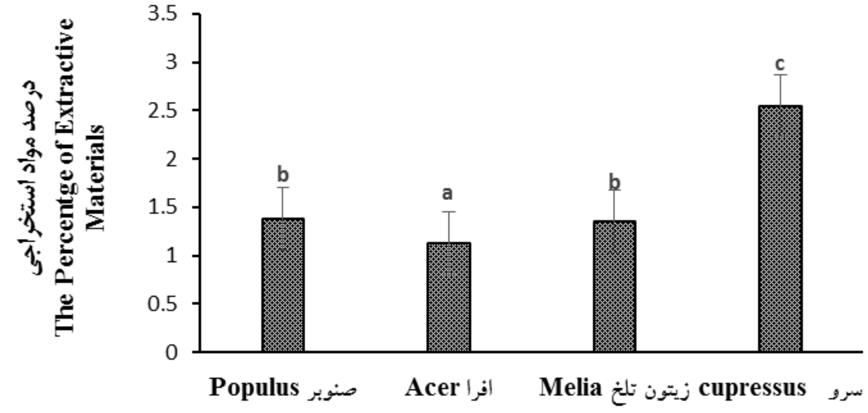
با توجه به شکل ۴ مشخص است که کمترین میزان دانسیته متعلق به صنوبر و بیشترین آن متعلق به گونه افرا است. این اختلاف در سطح ۹۵ درصد معنادار است (P<0.05).

مقایسه میزان درصد کاهش وزن در نمونه‌های چوبی در آزمون غیر انتخابی

نتایج حاصل از آزمون غیر انتخابی تغذیه موریانه از نمونه‌های چوبی در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های سرو شیراز و زیتون تلخ کمترین درصد کاهش وزن و نمونه‌های صنوبر و افرا بیشترین کاهش وزن را نشان داده‌اند. بین این دو دسته اختلاف معنادار در سطح ۹۵ درصد دیده می‌شود (P<0.05).

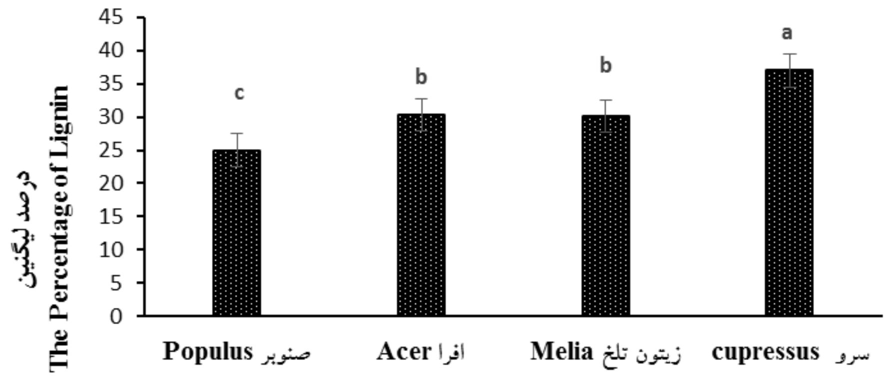
مقایسه میزان درصد کاهش وزن در نمونه‌های چوبی در آزمون انتخابی

شکل ۶ میزان درصد کاهش وزن را در آزمون انتخابی نشان می‌دهد. بیشترین میزان درصد کاهش وزن متعلق به دو گونه صنوبر و افرا است. اختلاف معناداری بین آنها و دو گونه سرو شیراز و زیتون تلخ در سطح ۹۵ وجود دارد (P<0.05).



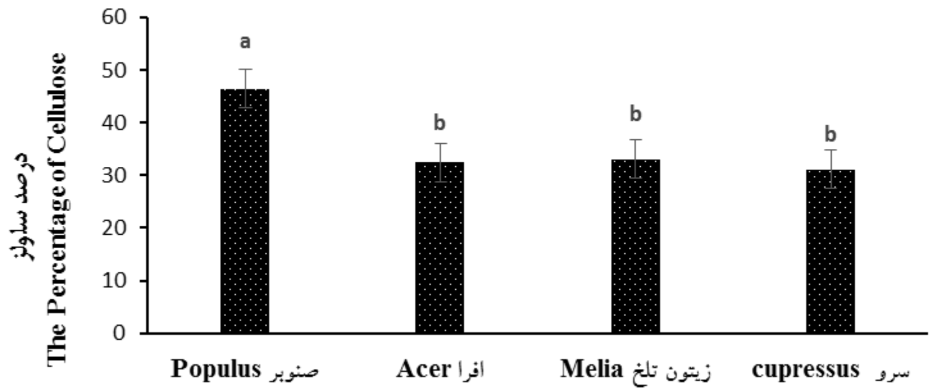
شکل ۱- میانگین درصد مواد استخراجی گونه‌های صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز

Figure 1- The Percentage of extractive materials of *P. alba*, *A. velutinum*, *M. azedarach* & *C. sempervirens*



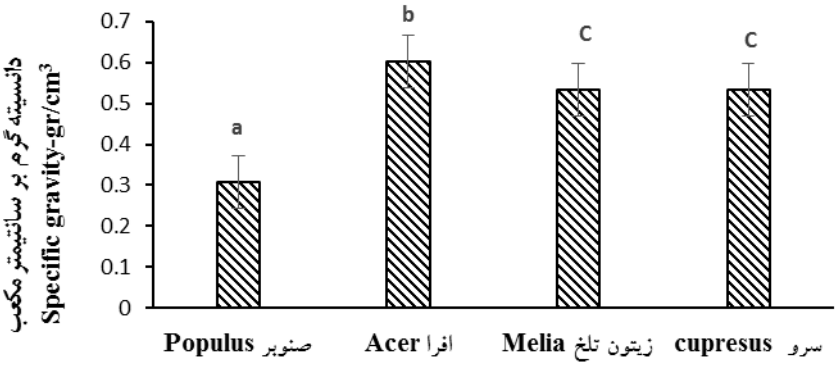
شکل ۲- مقدار درصد لیگنین گونه‌های صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز

Figure 2- The percentage of lignin in the species of *P. alba*, *A. velutinum*, *M. azedarach* and *C. sempervirens*



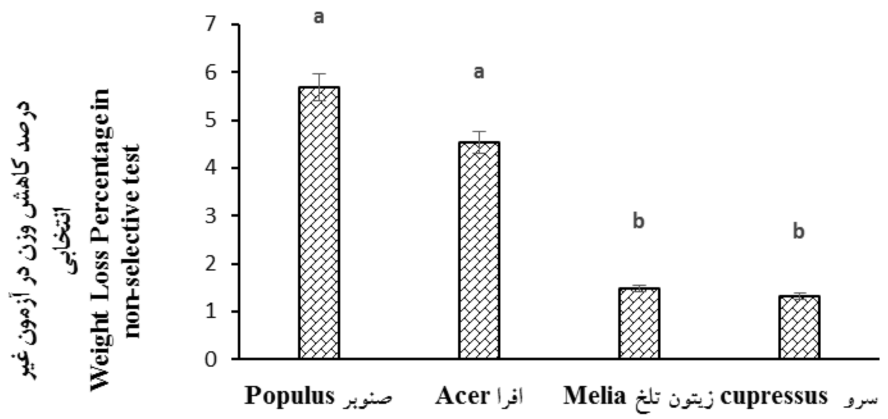
شکل ۳- مقدار درصد سلولز گونه‌های صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز

Figure 3- The percentage of cellulose in the species of *P. alba*, *A. velutinum*, *M. azedarach* and *C. sempervirens*



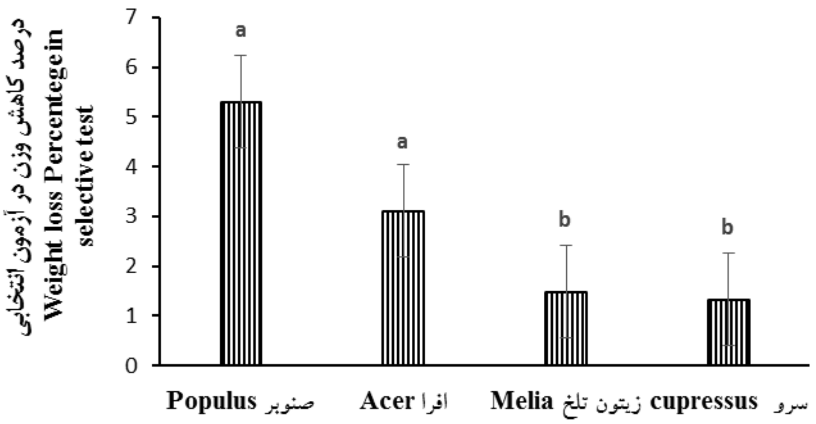
شکل ٤- میانگین دانسیته گونه‌های صنوبر، افرا، زیتون تلخ و سرو شیراز

Figure 4- Average density of *P. alba*, *A. velutinum*, *M. azedarach* and *C. sempervirens*

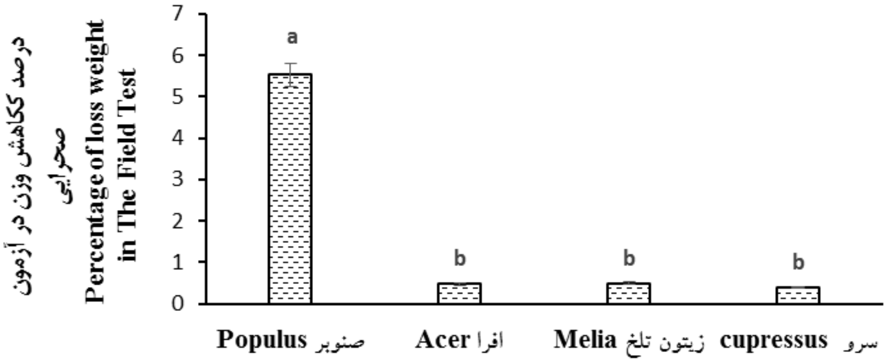


شکل ۵- درصد کاهش وزن نمونه‌های چوبی در اثر تغذیه موریانه در آزمون غیر انتخابی

Figure 5- Weight loss percentage of wood samples in non- choice test



شکل ٦- درصد کاهش وزن نمونه‌های چوبی در اثر تغذیه موریانه در آزمون انتخابی
Figure 6- Weight loss percentage of wood samples in choice test



شکل ۷- درصد کاهش وزن نمونه‌های چوبی در آزمون میدانی
Figure 7- Weight loss percentage of wood samples in field test

جدول ۱- همبستگی ویژگی‌های چوب با درصد کاهش وزن چوب‌ها در اثر تغذیه موریانه
Table 1- Correlation of wood properties with weight loss percentage of wood

آزمون Treatment	سلولز Cellulose	دانسیته Specific gravity	مواد استخراجی Extractive materials	لیگنین Lignin
انتخابی Selective	0.806*	-0.812*	-0.954**	-0.820**
غیرانتخابی Non-selective	0.727*	-0.651	-0.863**	-0.834**
ازمون صحرایی Field	0.747*	-0.751 *	-0.923**	-0.894**

*همبستگی در سطح ۹۵ درصد، ** همبستگی در سطح ۹۹ درصد
* 95% Correlation, ** 99% Correlation

مقایسه میزان درصد کاهش وزن در نمونه‌های چوبی در آزمون صحرایی

شکل ۷ میزان درصد کاهش وزن را در آزمون میدانی نشان می‌دهد. می‌توان گفت که بیشترین میزان درصد کاهش وزن متعلق به گونه صنوبر است. اختلاف معناداری بین این گونه و سایر گونه‌ها در سطح ۹۵ وجود دارد ($P<0.05$).

ارتباط بین درصد کاهش وزن چوب‌ها در آزمون‌های تغذیه ای با ویژگی‌های نمونه‌ها

برای بررسی تأثیر ویژگی‌های مختلف چوب روی درصد کاهش وزن چوب‌ها از آزمون ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج در جدول ۱ آمده است.

بحث

آنچه باعث بالا رفتن میزان دوام طبیعی گونه‌های چوبی نسبت به حملات موریانه و سایر عوامل مخرب می‌گردد آناتومی چوب، دانسیته چوب، محتوای لیگنین و سلولز، میزان رطوبت و ترکیب مواد استخراجی موجود در چوب درون است (De linge *et al.*, 2021). به عبارتی ترکیبات تشکیل دهنده دیواره سلول در کنار سایر عوامل، مهمترین عامل جذب عوامل مخربی همچون حشرات و قارچها به شمار می‌روند. نتایج حاصل از انجام آزمون‌های انتخابی، غیرانتخابی و صحرایی تغذیه موریانه‌ها از چوب‌ها و بررسی نمودارها و جداول حاصله نشان داد که بیشترین درصد کاهش وزن متعلق به گونه صنوبر و کمترین آن متعلق به گونه سرو شیراز است.

در بررسی مواد استخراجی گونه‌های مورد تحقیق دیده می‌شود که افرا دارای کمترین درصد مواد استخراجی و سرو شیراز دارای بیشترین مقدار است و همین مساله می‌تواند در شدت حملات موریانه تأثیر جدی داشته باشد. مواد استخراجی موجود در چوب از جمله عوامل مؤثر در بالا بردن دوام طبیعی چوب در مقابل عوامل مخرب و خصوصا حشرات به‌شمار می‌روند (Gelb *et al.*, 2008). اهمیت مواد استخراجی به حدی است که در برخی از گونه‌های دارای چوب بادوام، در صورت حذف مواد استخراجی، چوب مستعد پوسیدگی می‌شود. نتایج تحقیقات واناتابه (Wanatabe *et al.*, 2005) نشان می‌دهد که موریانه‌ها به‌طور کلی از چوب با غلظت بالای مواد استخراجی اجتناب می‌کنند. توزیع مواد استخراجی نیز بر دوام تأثیر می‌گذارد مواد استخراجی که در دیواره سلولی رسوب می‌کنند در جلوگیری از حملات مؤثرتر از آنهایی هستند که در حفره سلولی هستند (Hillis., 2012). مواد استخراجی اجزای غیر ساختمانی چوب به شمار می‌آیند. در برخی گونه‌ها در طول تشکیل چوب درون، تولید رزین و یا ترکیبات فنولی در سلول‌های پارانشیم افزایش می‌یابد و ته‌نشینی این مواد در سلول‌های چوب درون منجر به بالا رفتن میزان مقاومت چوب در برابر حملات بیولوژیکی می‌گردد. برخی از مواد استخراجی دارای خواص ضد میکروبی و حشره‌کشی هستند، در حالی‌که برخی دیگر بر دینامیک رطوبت یا سایر خواص چوب مانند تراکم، رنگ، بو یا قابلیت اشتعال تأثیر می‌گذارند (Rodrigues *et* Amusant *et al.*, ;2014 *al.*, 2012). مطالعات انجام گرفته توسط محققین مختلف نشان می-دهد که تیمار چوب با مواد استخراجی گرفته شده از چوب‌های گوناگون می‌تواند به بالا بردن مقاومت بیولوژیکی آن در مقابل حشراتی چون موریانه کمک کند (Syofuna *et al.*, 2012).

در بررسی ارتباط بین درصد کاهش وزن و ویژگی‌های چوب می‌توان دریافت که علاوه بر نقش مواد استخراجی درصد کاهش وزن در هر دو آزمون انتخابی، غیرانتخابی و همچنین آزمون صحرایی ارتباط مشهودی با محتوای لیگنین و سلولز چوب دارد (Soleyman (Poursartip *et al.*, 2019; Nezhadian, 1991. به‌عبارت بهتر با افزایش درصد لیگنین، میزان مطلوبیت چوب برای موریانه کاهش می‌یابد و از طرفی با اضافه شدن درصد سلولز مطلوبیت گونه برای موریانه افزایش می‌یابد. لیگنین پلیمری است که به‌عنوان دومین ماده تشکیل‌دهنده چوب پس از سلولز، نقش مهمی را در چوب ایفا می‌کند و به‌دلیل داشتن گروه‌های فنلی، برای عوامل مخرب یک ماده سمی تلقی شده و خواص دفع‌کنندگی دارد (Chirkova *et al.*, 2011). همچنین در دسترس بودن سلولز برای پوسیدگی در دیواره‌های سلولی چوب ضروری است و بیشتر قارچها و باکتری‌ها و حشراتی چون موریانه‌ها که از سلولز تغذیه می‌کنند با بالا رفتن میزان این ماده فعالیت تخریبی بیشتری از خود نشان می‌دهند (Daniel, 2016). وقتی لیگنین دیواره سلولی را آغشته می‌کند، ماتریکس غیرقابل نفوذتری را تشکیل می‌دهد و سلولز را کمتر در دسترس قرار داده و چوب را در برابر تخریب زیستی مقاوم‌تر می‌کند (Scheffer & Cowling, 196). نتایج تحقیقات سایر محققین نیز نشان می‌دهد که حتی استخراج و تزریق لیگنین در ساختمان چوب نیز به مقدار زیادی باعث افزایش دوام گونه چوبی در برابر حملات قارچها و حشرات شده است (Hasani ; Popa *et al.*, 2011Parsapajouh *et al.*, 2009 ; *et al* ., 2021). در بین گونه‌های مورد آزمایش در این تحقیق بیشترین میزان لیگنین متعلق به گونه سرو شیراز و کمترین آن متعلق به صنوبر است و اختلاف معناداری بین مقدار لیگنین در این دو گونه مشاهده می‌شود. این نتایج با نتایج سایر محققین که دوام طبیعی بالاتر سوزنی‌برگان نسبت به پهن‌برگان را به‌دلیل درصد بالاتر لیگنین اثبات کرده‌اند همخوانی داشت (Schwarze, Brunow, 2005 ; 2007). بنابراین با توجه به نقش لیگنین در مقابل عوامل مخرب بیولوژیک همچون موریانه، می‌توان بخشی از پایداری و دوام طبیعی بالای گونه سرو شیراز در مقابل حملات موریانه را به درصد بالای لیگنین ارتباط داد (Saadatvafa, 2017). از سوی دیگر بالا بودن معنادار درصد سلولز موجود در صنوبر، که منبع اصلی تغذیه موریانه به شمار می‌رود، نسبت به سایر گونه‌های مورد پژوهش، از دلایل آسیب پذیری این گونه نسبت به حملات موریانه است. علاوه بر ترکیبات شیمیایی گونه‌های چوبی، ویژگی‌های فیزیکی مانند دانسیته نیز از عوامل تعیین کننده دوام طبیعی چوب‌آلات در برابر حملات موریانه به شمار می‌رود و گونه‌هایی با دانسیته کمتر و سبک‌تر بیشتر مورد هجوم موریانه‌ها قرار می‌گیرند (Afshar *et al.*, 2014). طبق نظر

(Martin & Lopez, 2023) میزان اهمیت دانسیته چوب از اینجا مشخص می‌گردد که میزان حملات موریانه‌ها به چوب بهاره که دانسیته کمتر و دیواره الیاف و آوندهای ظریف‌تر از چوب تابستانه دارد بیشتر است. مطبق نتایج بدست آمده صنوبر از لحاظ دانسیته با بقیه گونه‌ها اختلاف دارد و گونه سبک‌تری به شمار می‌رود و همین مساله در کنار بالا بودن درصد سلولز که ماده مورد علاقه موریانه است، می‌تواند موجب تشدید آسیب‌پذیری این گونه گردد. گونه افرا علی‌رغم دارا بودن دانسیته بالاتر، درصد کاهش وزن قابل ملاحظه‌ای را بخصوص در آزمون‌های انتخابی و غیر انتخابی نشان می‌دهد. چنین به نظر می‌رسد که در تقابل دو فاکتور دانسیته و درصد مواد استخراجی، درصد پایین مواد استخراجی، که خود عامل بازدارنده در هجوم موریانه‌ها هستند، منجر به ضعف گونه افرا در برابر هجوم موریانه گردیده است.

بنابراین براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌توان تأثیر عواملی همچون ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های فیزیکی گونه‌های مورد مطالعه در شدت حملات موریانه زیرزمینی *M. diversus* را مورد تأیید قرار داد و با توجه به پارامترهای مذکور گونه سرو شیراز را مقاوم‌ترین و صنوبر را ضعیف‌ترین گونه نسبت به هجوم این گونه موریانه ارزیابی نمود.

References

1. Afshar, M., Habibpour, B., & Shishebor, P. (2014). Evaluation of resistance of cellulosic and non cellulosic building materials to underground termites *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae) in vitro and in the field. *Journal of Plant protection, 37*(4), 79-90. (In Persian with English abstract)
2. Amusant, N., Nigg, M., Thibaut, B., & Beauchêne, J. (2014). Diversity of decay resistance strategies of durable tropical woods species: *Bocoa prouacencsis* Aublet, *Vouacapoua americana* Aublet, *Inga alba* (Sw) . *International Biodeterioration & Biodegradation*, *94*, 103-108. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.06.012
3. Brunow, G. (2005). *Methods to Reveal the Structure of Lignin*: 89-116. In: Steinbüchel, A. (Ed). Biopolymers Online. Wiley-VCH: Winheim, 360p. https://doi.org/10.1002/3527600035.bpol1003
4. Chirkova, J., Andersone, I., Irbe, I., Spince, B., & Andersons, B. (2011). Lignins as agents for bio-protection of wood. *Holzforschung*, *65*(4), 497-502. https://doi.org/10.1515/hf.2011.092
5. Daniel, G. (2016). *Fungal degradation of wood cell walls*: 131–169. In Kim, Y. S., Funada, R., Singh, A. P., (Eds). Secondary Xylem Biology, Academic Press: Cambridge, 380p. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802185-9.00008-5
6. De linge, L., Van den Bulcke, J., Baetens, J.M., De Baets, B., Wang, G., De Windt, I., Beeckman, H., & Van Acker, J. (2021). Unraveling the natural durability of wood: revealing the impact of decay-influencing characteristics other than fungicidal components. *Holzforschung*, *75*(4), 368–378. https://doi.org/10.1515/hf-2020-0109
7. Ekhtelat, M. (2009). Investigation on feeding behavior and estimating foraging population of *Microcerotermes diversus* Silvestri (Isoptera: Termitidae). M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. 131 pp. (In Persian with English abstract)
8. Gelb, S.M., Filley, T.R., Hatcher, P.G., Hoover, K., Carlson, J.E, Jimenez-Gasco, M., Nakagawa-Izumi, A., Sleighter, R.L., & Tien, M. (2008). Lignin degradation in wood-feeding insects. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA*, *105*(35), 12932-12937. https://doi.org/10.1073/pnas.0805257105
9. Habibpour, B. (1994). Termites (Isoptera) fauna, economic importance and their biology in Khuzestan. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. 143pp. (In Persian with English abstract)
10. Hasani, A., Saadatnia, M.A., Moradian M.H., & Efhami D. (2021). Improvement of natural durability of date palm against termites (*Microcerotermes diversus*) by black liquor of kraft impregnation. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, *12*(1), 45-56. (In Persian with English abstract)
11. Hillis, W.E. (2012). *Heartwood and tree exudates*. Springer Science & Business Media.
12. Ismayati, M., Nakagawa-Izumi, A., Kamaluddin, N.N., & Ohi, H. (2016). Toxicity and feeding deterrent effect of 2-Methylanthraquinone from the wood extractives of *Tectona grandis* on the subterranean termites *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes speratus*. *Insects*, *7*(4), 63-65. https://doi.org/10.3390/insects7040063
13. Martin, J.A., & Lopez, R. (2023). Biological deterioration and natural durability of wood in Europe. *Forests, 14*(2), 1-34. https://doi.org/10.3390/f14020283
14. Owoyemi, J.M., Olaniran, S.O., & Aliyu, D.I. (2013). Effect of density on the natural resistance of ten selected Nigerian Wood species to subterranean termites. *Prolignio*, *9*(1), 32-40.
15. Parsapajouh, D., Faezipour, M., & Taghiyari, H.R. (2009). *Industrial timber preservation* (translation), 4th ed. Tehran: Tehran University Publications, 657 p. (In Persian)
16. Peralta, R.C.G., Menezes, E.B., Carvalho, A.G., & Menezes, E.L.A. (2003). Feeding preferences of subterranean termites for forest species associated or not to wood decaying fungi. *Floresta e Ambiente*, *10*(2), 58-63.
17. Popa, V.I., Capraru, A.M., Grama, S., & Malutan, T. (2011). Agents for wood bio protection on natural aromatic

compounds and their complexes with cooper and zinc. *Cellulose Chemistry and Technology*, *45*(3), 227-231.
18. Poursartip, L., Saadatvafa, K., & Rezayati Charani, P. (2019). Study on the feeding preference of *Microcerotermes diversus* Silvestri termite to three species of beech, eucalyptus and cypress. *Journal of Plant Protection*, *33*(1), 35-43. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.v33i1.74552
19. Rodrigues, A.M., Stien, D., Eparvier, V., Espindola, L.S., Beauchêne, J., Amusant, N., Leménager, N., Baudassé, C., & Raguin, L. (2012). The wood preservative potential of long-lasting Amazonian wood extracts. *Intetnational Biodeterior Biodegrad*, *75*, 146-149. https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2012.03.014
20. Rowell, R.M., Pettersen, R., Han J.S., Rowell J.S., & Tshabalala M.A. (2010). *Handbook of wood chemistry and wood composites*. CRC press, 704 pp.
21. Saadatvafa, K. (2017). Desirability evaluation of some Lignocellulosic material, on food diet of Termites (*Microcerotermes diversus*). M.Sc. Thesis, Faculty of Natural Resources, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran. 71pp. (In Persian with English abstract)
22. Scheffer, T.C., & Cowling, E. (1966). Natural resistance of wood to microbial deterioration. *Annual Review of Phytopathology*, *4*, 147–168. https://doi.org/10.1146/annurev.py.04.090166.001051
23. Schwarze, F.W.M.R. (2007). Wood decay under the microscope. *Fungal Biology Reviews*, *21*(4), 133–170. https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.09.001
24. Soleyman Nezhadian, E. (1991). *Termites: The Diagnosis and Fight Against them*. Tehran: Nashr Daneshgahi publication. (In Persian)
25. Syofuna, A., Banana, A.Y., & Nakabonge, G. (2012). Efficiency of natural wood extractives as wood preservatives against termite attack. *Maderas Cienciay Tecnología*, *14*(2), 155-163. https://doi.org/10.4067/S0718-221X2012000200003
26. Tappi Standard Test Methods. (2003). *Tappi press*, Altanta GA.
27. Watanabe, Y., Mihara, R., Mitsunaga, T., & Yoshimura, T. (2005). Termite repellent sesquiterpenoids from *Callitris glaucophylla* heartwood. *Journal of Wood Science*, *51*, 514–519. https://doi.org/10.1007/s10086-004-0683-6
28. Wu, C., Ulyshen, M.D., Shu, C., Zhang, Z., Zhang, Y., Liu, Y., & Geoff Wang, G. (2021). Stronger effects of termites than microbes on wood decomposition in a subtropical forest. *Forest Ecology and Management*, *493*, 119263. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119263